

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 22.08.2003

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

1. Neuromag Oy, Helsinki, FI
2. Taulu, Samu, Helsinki, FI
3. Parkkonen, Lauri, Helsinki, FI
4. Kajola, Matti, Helsinki, FI

Kansainvälinen patenttihakemus nro
International patent application no PCT/FI02/00225

Kansainvälinen tekemispäivä
International filing date 19.03.2002

Etuoikeushak. nro
Priority from appl. FI 20010558

Tekemispäivä
Filing date 19.03.2001

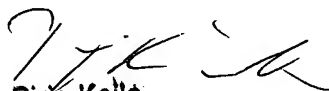
Keksinnön nimitys
Title of invention

"Determining a position of objects"

Hakija nro1. **Neuromag Oy** on nimenmuutoksen jälkeen **4-D Neuroimaging Oy**.
Applicant nol. **Neuromag Oy** has changed its name to **4-D Neuroimaging Oy**.

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä kansainvälisiä patenttihakemuksia vastaanottavana viranomaisena toimivalle Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista sekä niihin tehdyistä korjauksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawing, originally filed with the Finnish Patent Office acting as receiving Office for the international patent applications, and of any corrections thereto.


Pirjo Kallä
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A
Address: P.O.Box 1160
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

HOME COPY

PCT REQUEST

1/5

15692S

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.03.2002 01:37:33 PM

0	For receiving Office use only	
0-1	International Application N .	PCT/FI02/00225
0-2	International Filing Date	19 MAR 2002 (19-03-2002)
0-3	Name of receiving Office and "PCT International Application"	The Finnish Patent Office PCT International Application
0-4	Form - PCT/RO/101 PCT Request	
0-4-1	Prepared using	PCT-EASY Version 2.92 (updated 01.01.2002)
0-5	Petition The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty	
0-6	Receiving Office (specified by the applicant)	National Board of Patents and Registration (Finland) (RO/FI)
0-7	Applicant's or agent's file reference	15692S
I	Title of invention	DETERMINING A POSITION OF OBJECTS
II	Applicant	
II-1	This person is:	applicant only
II-2	Applicant for:	all designated States except US
II-4	Name	Neuromag Oy
II-5	Address:	Elimäenkatu 22 FIN-00510 Helsinki Finland
II-6	State of nationality	FI
II-7	State of residence	FI
III-1	Applicant and/or inventor	
III-1-1	This person is:	applicant and inventor
III-1-2	Applicant for	US only
III-1-4	Name (LAST, First)	TAULU, Samu
III-1-5	Address:	c/o Neuromag oy Elimäenkatu 22 FIN-00510 Helsinki Finland
III-1-6	State of nationality	FI
III-1-7	State of residence	FI

PCT REQUEST

15692S

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.03.2002 01:37:33 PM

III-2	Applicant and/or inventor	
III-2-1	This person is:	applicant and inventor
III-2-2	Applicant for	US only
III-2-4	Name (LAST, First)	PARKKONEN, Lauri
III-2-5	Address:	c/o Neuromag Oy Elimäenkatu 22 FIN-00510 Helsinki Finland
III-2-6	State of nationality	FI
III-2-7	State of residence	FI
III-3	Applicant and/or inventor	
III-3-1	This person is:	applicant and inventor
III-3-2	Applicant for	US only
III-3-4	Name (LAST, First)	KAJOLA, Matti
III-3-5	Address:	c/o Neuromag Oy Elimäenkatu 22 FIN-00510 Helsinki Finland
III-3-6	State of nationality	FI
III-3-7	State of residence	FI
IV-1	Agent or common representative; or address for correspondence The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:	agent
IV-1-1	Name	PAPULA OY
IV-1-2	Address:	(Fredrikinkatu 61 A) P.O. Box 981 FIN-00101 Helsinki Finland
IV-1-3	Telephone No.	+358 9 348 0060
IV-1-4	Facsimile No.	+358 9 3480 0630
IV-1-5	e-mail	papula@papula.fi

PCT REQUEST

15692S

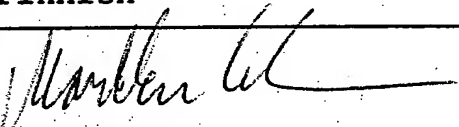
Original (for SUBMISSION) - printed on 19.03.2002 01:37:33 PM

V	Designation of States	
V-1	Regional Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	<p>AP: GH GM KE LS MW MZ SD SL SZ TZ UG ZM ZW and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT</p> <p>EA: AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT</p> <p>EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE TR and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT</p> <p>OA: BF BJ CF CG CI CM GA GN GQ GW ML MR NE SN TD TG and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT</p>
V-2	National Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	<p>AE AG AL AM AT (patent and utility model) AU AZ BA BB BG BR BY BZ CA CH&LI CN CO CR CU CZ (patent and utility model) DE (patent and utility model) DK (patent and utility model) DM DZ EC EE (patent and utility model) ES FI (patent and utility model) GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX MZ NO NZ OM PH PL PT RO RU SD SE SG SI SK (patent and utility model) SL TJ TM TN TR TT TZ UA UG US UZ VN YU ZA ZM ZW</p>
V-5	Precautionary Designation Statement In addition to the designations made under items V-1, V-2 and V-3, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) of the State(s) indicated under item V-6 below. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit.	
V-6	Exclusion(s) from precautionary designations	NONE

PCT REQUEST

15692S

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.03.2002 01:37:33 PM

VI-1	Priority claim of earlier national application		
VI-1-1	Filing date	19 March 2001 (19.03.2001)	
VI-1-2	Number	20010558	
VI-1-3	Country	FI	
VII-1	International Searching Authority Chosen	Swedish Patent Office (ISA/SE)	
VIII	Declarations	Number of declarations	
VIII-1	Declaration as to the identity of the inventor	-	
VIII-2	Declaration as to the applicant's entitlement, as at the international filing date, to apply for and be granted a patent	-	
VIII-3	Declaration as to the applicant's entitlement, as at the international filing date, to claim the priority of the earlier application	-	
VIII-4	Declaration of inventorship (only for the purposes of the designation of the United States of America)	-	
VIII-5	Declaration as to non-prejudicial disclosures or exceptions to lack of novelty	-	
IX	Check list	number of sheets	electronic file(s) attached
IX-1	Request (including declaration sheets)	5	-
IX-2	Description	13	-
IX-3	Claims	4	-
IX-4	Abstract	1	EZABST00.TXT
IX-5	Drawings	1	-
IX-7	TOTAL	24	
	Accompanying items	paper document(s) attached	electronic file(s) attached
IX-8	Fee calculation sheet	✓	-
IX-17	PCT-EASY diskette	-	Diskette
IX-19	Figure of the drawings which should accompany the abstract		
IX-20	Language of filing of the international application	Finnish	
X-1	Signature of applicant, agent or common representative		
X-1-1	Name	PAPULA OY	
X-1-2	Name of signatory	Markku Simmelvuo	
X-1-3	Capacity	Patent Attorney	

FOR RECEIVING OFFICE USE ONLY

10-1	Date of actual receipt of the purported international application	19 MAR 2002 (19-03-2002)
10-2	Drawings:	
10-2-1	Received	
10-2-2	Not received	

PCT REQUEST

15692S

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.03.2002 01:37:33 PM

10-3	Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application	
10-4	Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2)	
10-5	International Searching Authority	ISA/SE
10-6	Transmittal of search copy delayed until search fee is paid	

FOR INTERNATIONAL BUREAU USE ONLY

11-1	Date of receipt of the record copy by the International Bureau	
------	----------------------------------------------------------------	--

KAPPALEIDEN PAIKANNUS**KEKSINNÖN ALA**

Esillä oleva keksintö liittyy kappaleiden paikannukseen. Erityisesti esillä olevan keksinnön
5 kohteena on uusi ja parannettu menetelmä kappaleiden paikan ja asennon määrittämiseksi toistensa suhteen sähkömagneettisten signaalien avulla.

KEKSINNÖN TAUSTA

10 Sähkömagneettisiin signaaleihin perustuvaa paikannusmenetelmää on kuvattu hyvin yleisellä, sovel-
lutuskohteesta riippumattomalla tavalla mm. patentti-
julkaisuihin US5747996, US4346384 ja DE3326476. Erääs-
15 sä sovelluksessa laitteeseen kuuluu joukko signaali-
lähteitä, joukko vastaanottimia ja yksi tai useampi
signaaligeneraattori, jolla generoidaan joukko aika-
muodoltaan tunnettuja lähetinsignaaleita lähetettäväk-
si signaalilähteillä. Lisäksi mainituissa patenttijul-
kaisuissa on kuvattu analyysimenetelmä vastaanottimien
20 ulostulosignaalien käsittelemiseksi ja niiden käyttä-
miseksi kappaleen paikan laskemisessa suhteessa toi-
seen kappaleeseen. Yhteistä patenttijulkaisuihin kuva-
tuille laitteille on, että signaalilähettimet on kiin-
nitetty kappaleeseen geometrisesti melko tiukasti ra-
25 joitetulla tavalla.

Patenttijulkaisussa US5747996 ja US4346384
vaaditaan lisäksi, että signaalilähteet ovat keskenään
ortogonaaliset. Ortogonaalisuuden ansiosta signaali-
lähteiden lähettämien signaalien välillä ei ole korre-
30 laatiota eli signaalit eivät vaikuta toisiinsa paikan-
nusta häiritsevästi. Patenttijulkaisussa US5747996
vaaditaan lisäksi, että vastaanottimet ovat samaan ta-
soon sijoitettuja keloja. Geometrisilla vaatimuksilla
pyritään helpottamaan ja nopeuttamaan signaalianalyy-

siä ja poistamaan mahdollisia paikannustulokseen vaikuttavia virhelähteitä.

Kohdekappaleen koordinaatistossa tunnettujen signaalilähteiden käyttöön perustuvaa paikannusmenetelmää käytetään esimerkiksi magnetoenkefalografiassa (MEG), jossa mitataan ihmisen tai muun eliön hermostoiminnoista peräisin olevia heikkoja, ajasta ja paikasta riippuvia magneettikenttiä. Mitattujen magneettikenttärvojen perusteella pyritään paikantamaan lähdealueet, jotka synnyttivät havaitun kentän. Magnetoenkefalografiassa koehenkilön pää on mahdollisimman lähellä erittäin herkistä suprajohdavista antureista koostuvaa anturi- eli vastaanotinjoukkoa, jonka geometria tunnetaan. Pään paikka mittalaitteen suhteen määritetään käyttäen tunnettuina signaalilähteinä pieniä pään pinnalle kiinnitettyjä keloja, joiden tuottamaa magneettikenttää voidaan approksimoida magneettisen dipolin kentällä.

Vastaanottimina käytetään mittalaitteen mitausantureita, joita käytetään myös varsinaisten mitattavien aivosignaalien vastaanottamiseen ja mittaukseen. Menetelmän peruseräatteen on selostettu esimerkiksi julkaisuissa *SQUID'85: Superconducting Quantum Interference Devices and their Applications*, 1985, ss. 939-944 sekä *Proceedings of the 7th International Conference on Biomagnetism*, 1989, ss. 693-696.

Varsinaiset MEG-mittaukset toteutetaan yleensä toistomittauksina, joissa esimerkiksi tiettyä ärsykettä seuraavaa aivojen tuottamaa vastetta mitataan useita kertoja peräkkäin, ja lasketaan ärsyksen suhteen aikaluittujen mittaustulosten keskiarvo. Käytettäessä mittaustulosten keskiarvoa, voidaan kohinan vaikutus vaimentaa tekijällä, joka on kääntäen verrannollinen toistojen lukumäärän neliöjuureen. Toistomittauksen eräs ongelma on niiden pitkä kesto, minkä vuoksi koehenkilön pää saattaa liikkua mittauksen ai-

kana. Tästä automaattisesti seuraa, että aivojen tuotaman vasteen lähteen paikka muuttuu mittalaitteen suhteen kesken mittauksen ja aiheuttaa siten virhettä lopulliseen analyysiin.

5 Perinteisesti pää on paikannettu ainoastaan mittauksen alussa siten, että kukin päänpaikannuskela on aktivoitu ja syntynyt magneettikenttä mitattu yksitellen, jolloin paikannusmenetelmä on ollut verrattain hidas. Paikannuksen jälkeen koehenkilöä on pyydetty
10 pitämään pää mahdollisimman liikkumatta toistomittauksen loppuun asti.

Mittauksen aikaisesta pään liikkeestä aiheutuvat virheet voidaan välttää jatkuvalla paikanmittauksella. Tällöin mittalaitetta on voitava käyttää
15 samanaikaisesti myös muiden kuin paikannuksessa tuotettavien lähetinsignaalien mittaamiseen. Eräs tapa eliminoida lähetinsignaalien vaikutus mitattavaan hyötysignaaliin eli aivojen tuottamaan vastesignaaliin on asettaa lähetinsignaalien taajuudet kauaksi tutkittavalta taajuuskaistalta ja suodattaa mittaustietoa sopi-
20 vasti taajuustasossa. Tällainen ratkaisu esitetään julkaisussa *Biomag2000, 12th International Conference on Biomagnetism, Book of Abstracts*, s. 188, Peters, H. et al. Toinen ratkaisu on lähetinsignaalien suodattaminen vastaanottimien ulostulosignaaleista vähentämäl-
25 lä lähetinsignaaleja vastaavat osuudet mitatuista signaaleista, jolloin täytyy tuntea mitattavien lähetinsignaalien voimakkuudet ja aaltomuodot.

Pyrittäessä paikantamaan kappaletta jatkuvas-
30 ti tai toistuvasti lyhyin väliajoin on signaalilähetimet aktivoitava yhtä aikaa ja pystyttävä erottamaan samanaikaiset, eri lähettimien synnyttämät komponentit mittaussignaaleista. Menetelmän tulisi erottaa taajuuskomponentit mahdollisimman tehokkaasti ja tarkasti
35 käyttäen mahdollisimman lyhyttä tiedonkeruuaikaa. Yleisesti käytetyssä erotusmenetelmässä taajuudet ja

tiedonkeruu-aika sovitetaan siten, että signaalikomponentit ovat keskenään ortogonaaliset tarkasteltavalla aikavälillä. Jos lähetinsignaalin vaihe tunnetaan, niin kunkin signaalikomponentin amplitudi saadaan suoraan laskemalla mittaustuloksista koostuvan signaali-vektorin projektio tutkittavaa signaalikomponenttia vastaavalle kantavektorille, joka koostuu taajuudeltaan tunnetun kantafunktion laskennallisista arvoista. Kantavektoreiden ortogonaalisuuteen perustuvia sovelluksia on kuvattu mm. julkaisussa "The use of an MEG device as a 3D digitizer and a motion correction system", de Munck et al *Proceedings of the 12th International Conference on Biomagnetism*, Helsinki, Finland. Tässä kuvauksessa epäortogonaalisuuden vaikutus on otettu huomioon periaatteellisella tasolla. Kuvatussa paikannusmenetelmässä lähetinsignaalien ortogonalisointi kuitenkin vähentää oleellisesti paikannukseen liittyvän laskennan määrää, joten käytännön toteutuksessa lähetinsignaalit on ortogonalisoitu.

Ortogonaalisuusvaatimus asettaa rajoituksia käytettäville taajuuksille sekä tiedonkeruujalle ja lisäksi ortogonaalisuusoletus epäortogonaalisille signaaleille aiheuttaa suuria virheitä laskettuihin amplitudikertoimiin ja täten myös paikannukseen. Edellä kuvatussa signaalianalyysissä pyritään käyttämään mahdollisimman lyhyeltä aikaväliltä kerättyjä signaaleja, jotta paikannus olisi mahdollisimman reaaliaikaista ja kappaleiden liike olisi mahdollisimman vähäistä paikannusmittauksen tiedonkeruun aikana. Luotettavia paikannusmittauksia on tehty magnetoencefalografiassa käyttäen ainoastaan 100 ms:n pituista tiedonkeruu-aikaa.

Tällaisellakin aikavälillä voivat kappaleet kuitenkin liikkua, mikä huonontaa paikannustulosta. Kappaleiden mahdollisesti suuren liikkeen vuoksi vastaanottimien mittaamien signaalien voimakkuudet saat-

tavat vaihdella nopeasti havaittavissa olevan signaalin alarajalta aina vastaanottimien dynaamisen alueen ylärajoille asti. Vaihtelu voi olla merkittävää erityisesti pienillä etäisyyksillä, sillä mitatun signaalin voimakkuus on kääntäen verrannollinen kappaleiden etäisyyden kolmanteen potenssiin. Tämän lisäksi samoja lähettämiä saatetaan eri mittauksissa käyttää hyvin erikokoisilla ja vastaanottimiin nähden erilaisilla etäisyyksillä sijaitsevilla kappaleilla. Erilaisissa tilanteissa tehtävien mittausten toistuva onnistuminen edellyttää, että vastaanottimien mittaamien lähetsignaalien voimakkuudet pysyvät jatkuvasti tiettyjen rajojen sisällä. Ongelma on ratkaistu käyttämällä sää-
töalgoritmia, joka ohjaa lähettimien tehoa siten, että kaikkien vastaanottimien mittaamien signaalien amplitudit pysyvät jatkuvasti jonkin tietyn alarajan yläpuolella ja jonkin tietyn ylärajan alapuolella. Lähetsignaalien takaisinkytkentää on kuvattu esimerkiksi patenttijulkaisussa US5747996.

20

KEKSINNÖN TARKOITUS

Keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä mainitut epäkohdat tai ainakin merkittävästi lieventää niitä. Erityisesti keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin uudentyyppinen menetelmä paikannusmittauksen toteuttamiseksi mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Lisäksi keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin mittausmenetelmä, joka on laskennallisesti yksinkertainen ja tehokas ja jossa signaalilähteiden epäortogonaalisuudesta ei ole haittaa lopputuloksen tarkkuuteen. Edelleen keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin laskenta-
menetelmä, jolla voidaan lähes reaaliaikaisesti laskea kohdekappaleen paikka ja siten eliminoida kohdekappaleen liikkeestä aiheutuneet virheet varsinaiseen mittaukseen, esimerkiksi magnetoenkefalografiassa. Edelleen keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin uudenlai-

nen laskennan korjausmenetelmä, jolla mitatut amplitudijakaumat voidaan korjata epäortogonaalisuudesta ja mahdollisista muista häiriöistä johtuvien virheiden poistamiseksi signaalille määritetystä amplitudista
5 tai amplitudijakaumasta riippuen vastaanottimien määrästä.

KEKSINNÖN KUVAUS

Keksinnön kohteena on menetelmä, jonka avulla
10 kappaleen paikka ja asento voidaan määrittää toisen kappaleen suhteen sähkömagneettisten signaalien avulla. Keksinnön mukaisessa järjestelyssä on kaksi kappaletta, joista toiseen kappaleeseen on kiinnitetty signaalilähteitä eli lähettämiä, jotka tuottavat sähkö-
15 magneettisia signaaleja, ja toinen kappale sisältää yhden tai useampia vastaanottimia lähetinsignaalien mittaamista varten. Yleensä lähettämiä käsittävä kappale on se, jonka paikka tai asento kiinnostaa ja on mittauksen kohteena. Esimerkiksi biomagneettisissa
20 mittauksissa lähettämiin liittyvä kappale on ihmisen pää tai muu kehon rajattu osa, jonka pinnalle lähetimet sijoitetaan. Keksinnön mukaisella järjestelyllä voidaan pään paikka ja asento selvittää, jolloin aivojen tuottamien signaalien lähdealueet voidaan ilmaista
25 pään koordinaatistossa. Samoilla vastaanottimilla mitataan sekä aivojen että lähettimien tuottamia signaaleita.

Lähetinkappaleen koordinaatistossa tunnetuissa paikoissa sijaitsevat signaalilähettimet voidaan
30 aktivoida tuottamaan samanaikaisesti tai vuorotellen eritaajuisia signaaleja siten, että taajuudet ja aaltomuodot ovat vapaasti valittavissa. Tämän ansiosta lähettämiin liittyvät järjestelyt, esimerkiksi geometrian ja käytettyjen signaalien suhteen, tulevat huomattavasti aikaisempaa yksinkertaisimmiksi. Eri lähettimien tuottamien signaalien amplitudit mitataan toi-

sen laitteen vastaanottimilla, joiden keskinäinen geometria on joko ennalta tunnettu tai tulee määritettyä paikannuksen aikana. Varsinaisten mittausten kannalta riittää, että pystytään selvittämään lähettimien ja vastaanottimien keskinäinen geometria, koska lähettimien sijoittelu kohdekappaleessa yleensä tunnetaan. Siten tunnettaessa vastaanottimien ja lähettimien geometria sekä lähettimistä lähetettyjen signaalien amplitudijakauma vastaanottimilla kohdekappaleesta mitatut varsinaiset kohdesignaalit ja niiden lähtöpiste voidaan paikantaa suhteessa lähettimiin ja siten myös suhteessa kohdekappaleeseen.

Keksintö perustuu kappaleeseen kiinnitettyjen sähkömagneettisten tai akustisten lähettimien tuottamien ja toisen kappaleen vastaanottimien mittaamien signaalien käyttöön analyysissä, jonka tuloksena kappaleiden suhteellinen paikka tai asento tai molemmat voidaan laskea. Paikannus voi olla jatkuvaa käyttäen nopeaa amplitudien laskentamenetelmää ja peräkkäisissä mittauksissa mahdollisesti osittain ajallisesti päällekkäin olevia mitattujen signaaliarvojen muodostamia vektoreita.

Keksinnön mukaisessa paikannusmenetelmässä sallitaan epäortogonaaliset lähetinsignaalien kantavektorit, jolloin lähetettävien signaalien taajuudet, aaltomuoto ja tiedonkeruu-aika voidaan valita varsin vapaasti. Laskennassa käytettävä kantavektorisätuloilla painotettu epäortogonaalinen projektiomenetelmä on laskennallisesti hyvin nopea ja tarkka operaatio verrattuna muihin käytettyihin signaalianalyysimenetelmiin. Toisin kuin edellä mainituksa de Munckin artikkelissa, tässä keksinnössä lähetinsignaalien epäortogonaalisuuden aiheuttaman lisälaskennan määrä on käytännössä merkityksetön. Menetelmässä voidaan käyttää lähetinsignaaleja, joiden vaiheet ovat tuntemattomia. Tällöin vaiheet voidaan ratkaista

laskemalla amplitudit sopivasti valituille kantavektoreille, joilla saa olla vaihe-ero varsinaisiin lähettimen kantavektoreihin nähden.

Keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan edelleen estimoida lähetinsignaalien lisäksi tunnettujen häiriölähteiden amplitudeja, jolloin niiden häiritsevä vaikutus voidaan poistaa. Tällaisia häiriöitä ovat erityisesti verkkotaajuuden perustaajuus ja sen harmoniset komponentit.

Jotta mitattujen ja laskettujen amplitudi-
yhteensovitus olisi mahdollisimman tarkka, tarvitaan tietoa kanavilla esiintyvistä häiriöistä ja kohinasta. Koska nämä voivat vaihdella ajan funktiona, on edullista mitata kyseiset parametrit paikannusmittauksen yhteydessä. Tämä voidaan toteuttaa vähentämällä mitatuista signaaleista estimoidut signaalit ja käyttämällä jäljelle jääneen signaalin tehoa jollakin taajuuskaistalla.

Keksinnön erään sovelluksen mukaisesti voidaan estimoida signaalikomponentteja, jotka poikkeavat varsinaisista lähettimien tai tunnettujen häiriölähteiden synnyttämistä estimoitavista signaalimuodoista.

Vastaanottimia voidaan käyttää paikannusmittauksen aikana mittaamaan myös muita signaalilähteitä kuin lähetinsignaaleja. Tämä toteutetaan vähentämällä laskettujen lähetinsignaaliampplitudi-
osuuksien kunkin vastaanottimen ulostulosignaalista kullakin ajanhetkellä. Keksinnön ansiosta vähentäminen onnistuu aikaisempaa paremmin, koska signaalien amplitudi-
jen ja vaiheen estimointi on tarkempaa kuin aiemmin tunnetuissa laitteissa. Suodatus mahdollistaa jatkuvan paikannuksen, kun mitataan myös muita signaaleita kuin lähetinsignaaleita.

Vastaanottimissa havaittavien lähetinsignaaliampplitudi-
voimakkuuksia voidaan säätää takaisinkytkennällä, jossa otetaan huomioon koko vastaanotin-

joukon mittaamat signaalit. Näin varmistetaan riittävä signaalikohinasuhde kaikissa mittaustilanteissa.

Keksinnön mukaisen paikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa mittaamalla signaalin häiriötaso vähentämällä mitatuista signaaleista tunnettujen kantesignaalimuotojen avulla määritetyt signaalit. Tällöin jäljelle jäävä erosignaali kertoo siitä, kuinka luotettava kukin estimaatti on, ja tätä tietoa voidaan käyttää sovituksen tarkentamiseen ottamalla siinä kohinataso huomioon. Häiriötaso voidaan myös mitata estimoimalla signaali tai signaaleja, jotka eroavat lähetinsignaalien ja tuntemiemme, esimerkiksi verkkotaajuushäiriön, häiriöiden muodoista. Estimoimalla tällaiselle signaalille amplitudin keksinnön mukaisella menetelmällä saadaan tietoa siitä, kuinka paljon oletettu signaaliavaruuden malli poikkeaa todellisuudesta.

Esillä olevan keksinnön etuna tunnettuun tekniikkaan verrattuna on, että keksinnön mukaisella järjestelyllä tietyn lähetinjoukon lähettämien ja tietyllä vastaanotinjoukolla, yhdellä tai useammalla vastaanottimella vastaanotettujen signaalien amplitudijakaumien selvittäminen tulee aikaisempaa tarkemmaksi ja tehokkaammaksi. Samaten keksinnön ansiosta lähetettävien signaalien valinta tulee aikaisempaa merkittävästi vapaammaksi erityisesti taajuuden ja vaiheen suhteen. Signaalien ei keksinnön ansiosta tarvitse olla keskenään ortogonaalisia.

Edelleen keksinnön ansiosta voidaan ottaa huomioon esimerkiksi MEG-mittauksissa pään mahdolliset liikkeet varsinaisen hyötysignaalin mittauksen aikana. Lisäksi keksintö mahdollistaa ulkoisten virhelähteiden eliminoinnin hyötysignaalin mittaustulosten tarkkuuden parantamiseksi.

Edelleen keksinnön mukainen menetelmä ja laite ovat helposti muunneltavia ja keksinnössä toteutet-

tava korjauslaskenta voidaan toteuttaa kulloinkin parhaiten sopivassa mittaus- ja laskentavaiheessa.

KEKSINNÖN YKSITYISKOHTAINEN SELOSTUS

5 Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisen sovellusesimerkin avulla viittaamalla oikeeseen piirustukseen, joka esittää kaaviomaisesti erästä keksinnön mukaista mittauslaitejärjestelyä.

Seuraavassa kuvataan yksityiskohtaisesti keksinnön eräs toteutustapa. Piirustuksessa esitetään periaatteellisella tasolla keksinnön mukainen mittausjärjestely, johon kuuluu lähetinosa g_1, \dots, g_n ja vastaanotinrakenne, johon kuuluu joukko vastaanottimia 1, ..., K. Piirustuksessa esitetään ainoastaan yksi vastaanotinantenni, mutta ammattimiehelle on selvää miten useamman antennin järjestely toteutetaan piirustuksen mukaisena. Vastaanottimella mitataan lähetinsignaalien $c_{1k}, c_{2k}, \dots, c_{nk}$ ja mahdollisen häiriön η_k amplitudit. Signaalien merkinnöissä parametri k viittaa yhdestä
10 lähetetystä signaalista saatavaan k mittautulokseen johtuen siitä, että kukin signaali vastaanotetaan lähtökohtaisesti k :lla vastaanottimella.

Lisäksi piirustuksessa esitetään lähettämiä ohjaava takaisinkytkentä AGC, jolle syötteenä on lopulliset mitatut signaaliamplitudit \hat{u}_k . Saatujen amplitudien perusteella takaisinkytkentä ohjaa lähettimien lähetystehoa niin, että signaali-kohinasuhde pysyy koko ajan halutulla tasolla parhaan mahdollisen mittautuloksen saavuttamiseksi. Edelleen piirustuksessa esitetään suodatin AF, joka on järjestetty vastaanottimien 1, ..., k, ja mittauslaitteen lähdön väliin lähettimillä lähetettyjen signaalien suodattamiseksi varsinaisesta hyötysignaalista $s_k(t)$.
30

Mittausjärjestelyssä on siis edellä esitetyn mukaisesti K vastaanotinta sisältävä mittalaite, jota
35 eksitoidaan samanaikaisesti N:llä paikannettavaan kap-

paleeseen kiinnitetyllä signaalilähteellä g . Vastaanottimella k kerätään signaalia aikavälin T yli, ja eri lähettämiin g liittyvien signaalikomponenttien $e_1(t)$, ..., $e_M(t)$ ($M > N$ kun halutaan estimoida lähetinsignaaleista muitakin kuin niiden peruskomponentteja $1, \dots, N$) amplitudien mittaamista varten projisoidaan aluksi eri ajanhetkiltä kerätyistä signaaliarvoista koostuva signaalivektori eri taajuuksia vastaaville kantavektoreille sekä näiden kanssa samalla taajuudella oleville kantavektoreille, joilla on noin 90 asteen vaihe-ero edellisiin kantavektoreihin nähden.

Piirustuksessa projektoiden laskemista on kuvattu jatkuvien funktioiden tapaan mitatun signaalin ja kantafunktioiden tulojen määrätyillä integraaleilla ajan T yli. Huomattakoon, että digitaalisessa toteutuksessa käytetään integroinnin tilalla numeerisena integrointina summausta, joka on oikeastaan jatkuva-muotoisen integroinnin estimaatti. Digitaalinen toteutus ei kuitenkaan mitenkään ole rajattu pois esillä olevan keksinnön sovellusmahdollisuuksista.

Haluttaessa integrandia voidaan painottaa jollakin ikkunafunktiolla w . Projisoinnin jälkeen saatu M -ulotteinen projektiovektori u korjataan matriisilla F_2 , joka on $(M \times M)$ - ulotteinen kantavektoreista riippuva matriisi siten, että $\hat{u} = F_2 * u$, jolloin \hat{u} on lähetinsignaalien ja näiden kanssa 90 astetta eri vaiheessa olevien identtisten signaalien sekä muiden es-timoitavien aaltomuotojen amplitudikertoimet sisältävä vektori.

Korjauksen muodollinen matemaattinen perustelu on seuraavanlainen. Merkitään eri ajanhetkillä mitatuista signaaliarvoista koostuvaa signaalivektoria s :llä ja kantavektorit vaakavektoreina sisältävää matriisia E :llä, jolloin mitattu signaali on muotoa $s = E^T * \hat{u}$, josta saadaan pseudoinverssiratkaisu $\hat{u} = \text{inv}(E * E^T) * E * s = \text{inv}(E * E^T) * u$, missä T viittaa matriisiin

transpoosiin ja $\text{inv}()$ matriisin käänteismatriisiin. Tällöin matriisi $F_2 = \text{inv}(E \cdot E^T)$ ja F_1 on yksikkömatriisi. Epäortogonaalisuuden vaatima korjaus voidaan tehdä myös yksin kantavektoreille käyttämällä matriiseja $F_1 = \text{inv}(E \cdot E^T) \cdot E$ ja $F_2 =$ yksikkömatriisi tai yhdessä sekä kantavektoreille että projektiovektorille siten, että F_1 ja F_2 yhdessä muodostavat korjausoperaation. Eri kanavilla mitattujen signaaliampplitudien perusteella voidaan laskea kappaleiden suhteellinen paikka tai asento tai molemmat.

Matriisit F_1 ja F_2 ovat samat kaikille K :lle vastaanottimelle, joten ainoastaan projektiovektori u täytyy laskea erikseen eri vastaanottimille, ja täten lähetinsignaalien epäortogonaalisuudesta johtuva lisälaskennan määrä on erittäin pieni. Eri kanavilla mitattujen signaaliampplitudien perusteella voidaan laskea kappaleiden suhteellinen paikka tai asento tai molemmat.

Koska laitteella pystytään mittaamaan mielivaltaisten signaalikomponenttien amplitudit, voidaan edellä mainitussa kuvauksessa käytetyt paikallaan pysyvän kappaleen synnyttämät signaalit korvata laajemmalla joukolla kantavektoreita, jotka pystyvät esittämään liikkuvan kappaleen synnyttämät aaltomuodot. Liikettä voidaan mallintaa esimerkiksi amplitudimoduloidulla alkuperäistä signaalia vakioista poikkeavilla aaltomuodoilla. Näin voidaan liikkuvakin kappale paikantaa tarkemmin ja siten ottaa huomioon mittauksen aikana kappaleen liikkeestä johtuva signaaliampplitudien muutos.

Suodatin AF vähentää kullakin ajanhetkellä mitatusta signaalista lähetinsignaalien c_1, \dots, c_N ja näiden ajassa siirrettyjen vastineiden amplitudit, joten lähettimien signaaleihin perustuva paikannusmittaus ei häiritse yhtäaikaista varsinaista mittausta.

Takaisinkytkentä AGC toteutetaan laskemalla kunkin mitatun lähetinsignaalin RMS-arvot aikaväliltä T yli vastaanotinjoukon $1...K$ ja säätämällä tämän perusteella yksittäisten lähettimien lähetystehoa siten, että estimoitujen signaalikomponenttien maksimi yli
5 vastaanotinjoukon pysyy suunnilleen vakiona.

Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitettyjä sovellusesimerkkejä koskevaksi, vaan monet muunnokset ovat mahdollisia pysyttäessä patenttivaatimusten määrittelymään keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.
10

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä kappaleen paikan ja/tai asennon määrittämiseen ennalta määrättyssä koordinaatistossa, jossa menetelmässä kappaleeseen on järjestetty joukko
5 signaalilähteitä kappaleen koordinaatiston suhteen tunnetusti ja jossa

lähetetään signaalilähteistä ennalta määrättyä signaalia,

vastaanotetaan vastaanottimella, johon kuuluu
10 ainakin yksi signaalivastaanotin, signaalilähteistä lähetetty signaali, ja

lasketaan kappaleen paikka ja/tai asento vastaanotettujen signaalien amplitudien perusteella, tunnettu siitä, että

15 määritetään vastaanotettujen signaalien toisistaan riippumaton amplitudi siten, että laskennallisesti otetaan huomioon lähetettyjen signaalien välinen korrelaatio,

määritetään jokainen signaalilähde erillisenä
20 riippumattomista amplitudeista, ja

lasketaan kappaleen paikka tarkasteltavalla aikavälillä signaalilähteisiin liittyvien riippumattomien amplitudijakaumien perusteella sovittamalla signaalilähteiden laskennalliset amplitudit vastaanottimella mitattuihin amplitudeihin.
25

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

sovitetaan amplitudit siten, että asetetaan signaalilähteiden ja/tai vastaanottimen geometriset
30 vapaat parametrit arvoihin, joilla laskettujen ja mitattujen amplitudijakaumien välinen ero on pienimmillään,

lasketaan signaalilähteiden paikka sekä kappaleen että mittalaitteen koordinaatistossa vapaille
35 parametreille asetetuista arvoista, ja

lasketaan kappaleen paikka ja/tai asento vastaanottimen suhteen käyttämällä signaalilähteiden tunnettuja paikkoja.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että yksittäisen signaalilähteen määrittämiseksi:

muodostetaan signaalilähdekohtaisesti estimoitavan signaalin ja vastaanottimella vastaanotetun signaalin tulo, integroidaan tulot ennalta määrätyn ajan T yli alustavan mittaustuloksen saamiseksi signaalilähteiden lähettämien signaalien mitatuille amplitudeille, ja

muodostetaan alustavan mittaustuloksen ja korjauskertoimen tulo, jossa korjauskerroin on eri signaalilähteistä lähetettyjen signaalien välistä korrelaatiota kuvaava suure, vastaanotetun signaalin amplitudin saamiseksi signaalilähdekohtaisesti.

4. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

muodostetaan estimoitavan signaalin, korjauskertoimen ja vastaanotetun signaalin tulo, jossa korjauskerroin on eri signaalilähteistä lähetettyjen signaalien välistä korrelaatiota kuvaava suure, ja integroidaan tulot ennalta määrätyn ajan T yli mittaustuloksen saamiseksi signaalilähteiden lähettämien signaalien mitatuille amplitudeille.

5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

muodostetaan estimoitavan signaalin ja valitun kertoimen signaalitulo,

muodostetaan saadun signaalitulon ja vastaanotetun signaalin tulo,

integroidaan tulot ennalta määrätyn ajan T yli alustavan mittaustuloksen saamiseksi signaaliläh-

teiden lähettämien signaalien mitatuille amplitudeille,

muodostetaan alustavan mittaustuloksen ja korjauskertoimen tulo, jossa korjauskerroin on eri signaalilähteistä lähetettyjen signaalien välistä korrelaatiota ja valitun kertoimen vaikutusta kuvaava suure, vastaanotetun signaalin amplitudin saamiseksi signaalilähdekohtaisesti.

6. Jonkin patenttivaatimuksista 3 - 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että painotetaan tulot ikkunafunktiolla w.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

lähetetään signaalilähteistä sinimuotoista signaalia; ja että

käytetään laskennassa estimoituna signaalina lähes samanmuotoista signaalia kuin lähetetty signaali.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään laskennassa toista lähetetyn signaalin kanssa samalla taajuudella olevaa signaalia, jolla on vaihe-ero estimoituun signaaliin nähden.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että lähetetään signaalit samanaikaisesti kultakin signaalilähteeltä.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

vastaanotetaan vastaanottimella hyötysignaalia, ja

suodatetaan signaalilähteellä lähetetyt signaalit hyötysignaalista.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että estimoidaan signaaleja, jotka vastaavat ennalta määrätyllä tavalla liikkuvaan

kappaleeseen kiinnitettyjen signaalilähteiden signaaleita kappaleen liikkeen estimoimiseksi.

12. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 6 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että toistetaan kappaleen paikan ja/tai asennon määrittäminen suhteellisen paikan määrittämiseksi toistamalla ajallisesti päällekkäisiä mittausjaksoja.

13. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään estimoituna signaalina tunnettujen häiriölähteiden signaalimuotoja.

14. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

muodostetaan takaisinkytkentä saaduista amplitudeista signaalilähteisiin, ja

15 ohjataan signaalilähteiden lähetystehoa takaisinkytkennällä.

15. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 14 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

20 vähennetään mitatuista signaaleista lasketut signaalit, ja

tarkennetaan mittauksista jäljelle jäävän signaalin avulla.

16. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

25 estimoidaan yksi tai useampi signaali, joka poikkeaa signaalilähteiden tai tunnettujen häiriölähteiden signaaleista, ja

tarkennetaan paikannustulosta saadun mittauks tuloksen avulla.

(57) TIIVISTELMÄ

Keksinnön kohteena on menetelmä ja laite, joiden avulla kappaleen paikka ja asento voidaan määrittää toisen kappaleen suhteen sähkömagneettisten signaalien avulla. Keksinnön mukaisessa järjestelyssä on kaksi kappaletta, joista toiseen kappaleeseen on kiinnitetty signaalilähteitä eli lähettämiä, jotka tuottavat sähkömagneettisia signaaleja, ja toinen kappale sisältää yhden tai useampia vastaanottimia lähetinsignaalien mittaamista varten. Yleensä lähettämiä käsittävä kappale on se, jonka paikka tai asento kiinnostaa ja on mittauksen kohteena. Esimerkiksi MEG-mittauksissa lähettämiin liittyvä kappale on ihmisen pää, jonka pinnalle lähettimet sijoitetaan. Keksinnön mukaisella järjestelyllä voidaan pään paikka ja asento selvittää, jolloin aivojen tuottamien signaalien lähtöpiste saadaan selville käytettäväksi tutkittaessa aivojen toimintaa. Vastaanottimilla mitataan myös aivojen lähettämiä signaaleita.

